

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-102513

(43)Date of publication of application : 23.04.1993

)Int.Cl.

H01L 31/10

)Application number : 03-283767

(71)Applicant : NIKKO KYODO CO LTD

)Date of filing : 04.10.1991

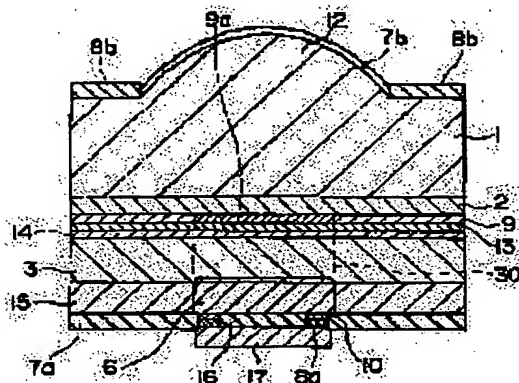
(72)Inventor : SUGA KAZUHIKO
IKEDA EIJI
MORI MASAYUKI
KANDA HIROYUKI

1) SEMICONDUCTOR PHOTO DETECTOR

1)Abstract:

PROPOSE: To obtain a PIN photo diode capable of quick response to incident light which is subjected to high speed modulation, by forming a light reflecting layer between a light absorption layer and a buffer layer, so as to cover the outside of a diffusion region.

CONSTITUTION: A light reflecting layer 12 composed of a semiconductor thin film layer is formed between a light absorption layer 3 and a buffer layer 14, so as to cover the outside of a diffusion layer 6. A reflecting mirror structure composed of a dielectric film 16 and a metal film 8b is formed on the surface of a substrate. A lens structure is formed in a body of an incidence window part 9a on the substrate surface through which incident light enters. A contact layer 15 whose forbidden bandwidth is smaller than that of a cap layer is formed between an electrode 8a of a photo detection element and the surface of a diffusion layer 6. Thereby the light is restrained from entering the light absorption layer 3, and electron-hole pairs can be prevented from being generated in a region distant from a depletion layer 30, so that the fall of a photoelectric waveform becomes sharp and a PIN photodiode capable of quick response can be obtained.



GAL STATUS

ate of request for examination]

ate of sending the examiner's decision of rejection]

ind of final disposal of application other than the
aminer's decision of rejection or application converted
gistration]

ate of final disposal for application]

atent number]

ate of registration]

umber of appeal against examiner's decision of
jection]

ate of requesting appeal against examiner's decision of
jection]

NOTICES *

Japanese Patent Office is not responsible for any
 damages caused by the use of this translation.

This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

*** shows the word which can not be translated.

In the drawings, any words are not translated.

 AIMS

aim(s)]

aim 1] While a cap layer which consists of a semiconductor layer of the 1st conductivity type with bigger forbidden-band width of face than this light absorption layer is formed on a light absorption layer which consists of a semiconductor layer of the 1st conductivity type formed through a buffer layer on a semiconductor substrate In a semiconductor photo detector which a diffusion field of the 2nd conductivity type is formed in this a part of cap layer, an electrode is contacted in the surface of this diffusion field, and comes to form in a rear face of the above-mentioned semiconductor substrate a window part in which incidence of light is possible A semiconductor photo detector characterized by coming to form a light reflex layer which consists of semiconductor multilayers so that an side of a diffusion field may be covered between the above-mentioned light absorption layer and a buffer layer.

aim 2] A semiconductor photo detector according to claim 1 characterized by coming to form in a surface side of the above-mentioned substrate reflecting mirror structure which consists of a dielectric film and a metal membrane.

aim 3] A semiconductor photo detector according to claim 1 or 2 characterized by coming to form lens structure in at the entrance window section on a rear face of a substrate where incidence of the light is carried out.

aim 4] Claim 1 characterized by forming a contact layer which consists of a semiconductor of the 2nd conductivity type with forbidden-band width of face smaller than the above-mentioned cap layer between the above-mentioned electrode and the above-mentioned diffusion field surface, a semiconductor photo detector according to claim 2 or 3.

translation done.]

NOTICES *

Patent Office is not responsible for any
 damages caused by the use of this translation.

This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

*** shows the word which can not be translated.

In the drawings, any words are not translated.

 TAILED DESCRIPTION

Detailed Description of the Invention]

01]

Industrial Application] Concerning the photo detector using a compound semiconductor substrate like an optical semiconductor device, especially an InP single crystal, this invention is used for the PIN photodiode for signal reception in optical communication, and relates to effective technology.

02]

Description of the Prior Art] In a mass optical transmission system like an optical CATV system, a ultra high-speed high sensitivity photodetector is indispensable, and in order to meet this request, the semiconductor photo detector used an PIN photodiode as an element which changes efficiently into an electrical signal the 1.3 micrometers - 1.55 micrometers light which is the low loss wavelength range of silica optical fiber is proposed. As an PIN photodiode for signal reception in optical communication, there is a rear-face incoming radiational type thing as shown, for example in drawing 4.

03] That is, the n mold InP buffer layer 2, the n mold InGaAs light absorption layer 3, and the n mold InP cap layer 4 are grown up into the surface (drawing inferior surface of tongue) of the InP substrate 1 in order. And a part of above-mentioned InP cap layer 4 is made to diffuse a p mold impurity like Zn, and p mold diffusion layer 6 which reaches an surface with the above-mentioned n mold InGaAs light absorption layer 3 is formed. Furthermore, ohmic electrode 8a is formed in the surface of the above-mentioned p mold diffusion layer 6 for the protective coat 7 which becomes the face of the cap layer 4 from a silicon nitride film again. On the other hand, the n lateral electrode 9 is formed in the surface (drawing upper surface) of the InP substrate 1, and the antireflection film 10 which consists of silicon nitride with controlled thickness so that opening 9a for optical incidence was opened in the center and a reflection factor was reduced as min at the inside is formed. In addition, p lateral electrode 8b which consists of Au etc. so that it may join to surface of the above-mentioned ohmic electrode 8a is formed in the surface side of a substrate.

04] If it is in the photo detector of the above-mentioned structure, positive voltage is impressed for negative voltage to the electrode 9 between above-mentioned electrode 8b and 9 at reverse voltage, i.e., electrode, 8b again. In the state under such a reverse bias, the depletion layer 30 of the boundary of p mold diffusion layer 6 spreads mainly in the InGaAs light absorption layer 3. In this condition, the light of the predetermined wavelength which carried out incidence from light sensing portion is not absorbed, but reaches the light absorption layer 3, and is absorbed, and an electronic-electron hole pair generates it at the InP substrate 1 and a buffer layer 2. Among these, it is accelerated by the electric field in a depletion layer, and the electronic-electron hole pair generated within the depletion layer 30 reaches electrodes 8a and 9, and is observed as a photocurrent in an external circuit. On the other hand, the electronic-electron hole pair generated within the light absorption layer 3 of the outside of a depletion layer 30 reaches a depletion layer by diffusion, and contributes to a photocurrent.

05]

Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, if it is in the PIN photodiode of the above-mentioned structure, there are two, the junction capacitance which is parasitic on a light sensing portion, CR time constant by parasitism capacitance, and the transit time of an electronic-electron hole pair generated in light absorption, as main factors which restrict the speed of response of diode. Among these, about the limit by CR time constant, while reducing the area of a light sensing portion (p mold diffusion layer 6) and making a junction capacitance small, improvement in the speed can be attained by reducing the capacity of the MIS (metal-insulator layer-semiconductor) structure which consists of a protective coat 7 which made contact resistance of an electrode small or was formed in the substrate surface, and electrode 8b on it.

06] However, about a limit of improvement in the speed by the transit time of an electronic-electron hole pair

erated in light absorption, although it can respond by making mileage of an electronic-electron hole pair small, for making mileage small, thickness of the light absorption layer 3 must be made small, or the path of p mold diffusion layer 6 must be made small. However, if thickness of the light absorption layer 3 is made thin, since the thickness of a depletion layer 30 becomes thin and a junction capacitance will increase conversely, for making a speed of response quick, thickness of the light absorption layer 3 cannot be made not much thin.

[07] On the other hand, if the path of p mold diffusion layer 6 is made small, the rate of an electronic-electron hole pair generated on the outside of a depletion layer 30 will become large. Therefore, although the electron hole generated in the field distant from the depletion layer 30 reaches a depletion layer in diffusion and contributes to a photocurrent, since the diffusion rate is slow, delay arises in time amount until it contributes to a photocurrent. Consequently, it turned out that falling of a photocurrent wave is overdue, the so-called skirt length arises as a continuous line B shows to Figure 6 when the lightwave signal of the shape of a pulse as shown in Figure 5 carries out incidence, and there is a problem that a high-speed response cannot be performed. This invention was made paying attention to the above troubles, and the place made into the purpose is to offer the PIN photodiode which can answer at high speed to the incident light which the high intensity modulation was carried out at high speed.

[08] [Means for Solving the Problem] While a cap layer which consists of a semiconductor layer of the 1st conductivity type with bigger forbidden-band width of face than this light absorption layer is formed on a light absorption layer which consists of a semiconductor layer of the 1st conductivity type formed through a buffer layer on a semiconductor substrate, this invention While a diffusion field of the 2nd conductivity type is formed in this a part of cap layer and it is in contact with an electrode on the surface of this diffusion field In a photo detector which comes to form in a rear face of the above-mentioned semiconductor substrate a window part in which incidence of light is possible, a light reflex layer which consists of semiconductor multilayers so that an outside of a diffusion field may be covered is formed between the above-mentioned light absorption layer and a buffer layer. Moreover, reflecting mirror structure which consists of a dielectric film and a metal membrane is formed in a substrate surface side. Furthermore, light forms lens structure in the entrance window section on a rear face of a substrate which carries out incidence at one. Moreover, between an electrode of the above-mentioned photo detector, and the diffusion field surface, a contact layer which consists of a semiconductor of the 2nd conductivity type with forbidden-band width of face smaller than the above-mentioned cap layer is formed.

[09] [Function] According to the above-mentioned means, a light reflex layer holds [light] down carrying out incidence to light absorption layer of the outside of the depletion layer as a light sensing portion, since it can prevent that an electronic-electron hole pair occurs in the field distant from the depletion layer, falling of a photocurrent wave becomes up and the PIN photodiode in which a high-speed response is possible can be obtained. moreover -- a substrate -- the rear face -- a side -- **** -- a dielectric film -- a metal membrane -- from -- becoming -- a reflecting mirror -- structure -- forming -- having made -- since -- incidence -- carrying out -- a depletion layer -- passing -- even if -- absorbing -- not -- forming -- a ** -- a substrate -- the surface -- reaching -- light -- incidence -- an amount -- 50 -- % -- about -- it is -- enough -- It is reflected on the substrate surface and the light which was not absorbed passes a depletion layer again, being reached and reflected by the light reflex layer and repeating this, the amount of the light absorbed compared with the conventional element increases sharply, and a part of light of sensitivity of an element which still was not absorbed comes to improve.

[10] Furthermore, since light formed lens structure in the entrance window section on the rear face of a substrate which carries out incidence at one, the rate of an electronic-electron hole pair generated in the light absorption layer of the outside of a depletion layer can be reduced, the delay of falling of a photocurrent wave can be prevented, without enlarging area of the depletion layer as a light sensing portion, and the responsibility of an element can be raised further. Moreover, since the contact layer which consists of a semiconductor of the 2nd conductivity type with forbidden-band width of face smaller than the above-mentioned cap layer was formed between the electrode of the above-mentioned photo detector, and the diffusion field surface, the small electrode of contact resistance can be formed compared with the conventional element which is contacting the ohmic electrode in the direct cap layer, the cut-off frequency of the element decided by CR time constant can be raised, and the responsibility of an element can be raised further.

[11] [Example] The example at the time of applying this invention to the PIN photodiode which uses InP as a substrate is explained after using a drawing is explained. One example of the PIN photodiode concerning this invention is shown in Figure 3. The same sign as the sign shown in Figure 4 in this drawing shows the same or a considerable portion. the dielectric film 10 which the lens section 11 is formed in the rear face (drawing upper surface) of the InP substrate 1,

becomes the surface of the lens section 11 from silicon nitride in this example -- moreover, the ohmic electrode 9 is formed in the substrate surface of the outside of the lens section 11. And the n mold InP buffer layer 2, the light reflex layer 12 which consists of semiconductor multilayers (for example, structure to which the 20-pair laminating of InP (50A of thickness)/InGaAsP (30A of thickness) was carried out) to which the laminating of many semiconductor layers in which a refractive index differs mutually was carried out, and the 2nd cap layer 13 of n mold InP are formed in the surface (drawing inferior surface of tongue) of the InP substrate 1 in order.

12] Moreover, window part 12a made to mixed-crystal-ize is formed in the center of the above-mentioned light reflex layer 12 by using the silicon nitride film by the plasma CVD method as a mask, and carrying out selective diffusion of the sulfur after the above-mentioned 2nd cap layer 13 formation. Furthermore, the n mold InP middle buffer layer 14, the n mold InGaAs light absorption layer 3, and the 1st cap layer 4 of n mold InP are formed in the inferior surface of tongue of the above-mentioned 2nd cap layer 13 in order. And p mold diffusion layer 6 which a p mold impurity like Zn is spread and reaches an interface with the above-mentioned n mold InGaAs light absorption layer 3 is formed in a part of above-mentioned 1st cap layer 4. Moreover, the surface-protection film 7 which consists of silicon oxide is formed in the surface of the 1st cap layer 4, opening is formed in the portion corresponding to p mold diffusion layer 6 of this surface-protection film, and ohmic electrode 8a of Au/Zn structure is formed in p mold diffusion layer 6 in the vicinity of the opening inside through the contact layer 15 of the shape of a ring which consists of a p mold InGaAs with forbidden-band width of face smaller than the 1st cap layer 4. With this, the reflecting mirror structure where the electric film 16 which consists of silicon oxide, and the circumference consist of metal-electrode 8b, such as Au in contact with the above-mentioned ohmic electrode 8a, is formed in the contact layer 15 and surface side of the light reflecting portion 6 inside electrode 8a.

13] If it is in the PIN photodiode of this example, even if it covers the whole from the upper part of an element and incident light is irradiated, while incidence of the light is intensively carried out to the portion of the depletion layer 30 at the boundary of the light absorption layer 3 by the lens section 11, since the light reflex layer 12 prepared in the bottom of a buffer layer 2 reflects incident light, in the field of the outside of a depletion layer 30, it can control that an electronic-electron hole pair occurs in the field distant from the depletion layer. Therefore, a depletion layer is reached in diffusion, and the amount which contributes to a photocurrent can be reduced remarkably, as a dashed line A shows to bring 7 by this, falling of a photocurrent wave becomes steep, and the high-speed response of the electron hole recombination in the field distant from the depletion layer is attained to the incident light by which the high intensity modulation was carried out at high speed. And since reflecting mirror structure is formed under the p mold diffusion layer 6 in this example, The light (about 50%) penetrated without being absorbed by the depletion layer 30 is reflected, it passes a depletion layer 30 again and it is absorbed. By being reached and reflected by the light reflex layer 12 and repeating this, a part of light which still was not absorbed is absorbed gradually, and it comes to contribute to a photocurrent, and the amount of the light absorbed compared with the conventional element increases sharply, an output increases, and sensitivity's of an element improves.

14] Moreover, in this example, since the contact layer 16 which consists of a semiconductor with forbidden-band width of face smaller than the 1st cap layer 4 was formed between ohmic electrode 8a and the surface of p mold diffusion layer 6, the contact resistance of ohmic electrode 8a becomes small, the cut-off frequency of the element decided by CR time constant becomes high, and the responsibility of an element improves. Furthermore, in the above-mentioned example, since many semiconductor layers from which a refractive index differs the light reflex layer 12 is actually constituted from semiconductor multilayers (structure to which the 20-pair laminating of InP(50A of thickness)/InGaAsP (30A of thickness) was carried out) which carried out the laminating, the adjustment of a process is made and can manufacture cheaply the diode which has the light reflex layer 12. In addition, although the light reflex layer 12 is formed in the bottom of a buffer layer 2, you may make it form the direct light reflex layer 12 in the surface (drawing inferior surface of tongue) of a substrate 1 in the above-mentioned example.

15] Next, an example of the manufacture process of the above-mentioned PIN photodiode is explained. first, a substrate top -- alike -- MOVPE -- n mold or the InP buffer layer 2 of a non dope, the light reflex layer 12 that consists of semiconductor multilayers to which the 20-pair laminating of InP(50A of thickness)/InGaAsP (30A of thickness) was carried out, and the 2nd cap layer 13 of n mold InP are grown up in order by law (organic metal vapor-phase-epitaxial-growth method). And after forming a silicon nitride film 20 in the surface of the above-mentioned cap layer 13 by the plasma-CVD method and forming opening 20a in this silicon nitride film 20, this is made into a mask, S (sulfur) is selectively diffused in the center (portion corresponding to the lens section 11) of the above-mentioned cap layer 13 to form the light reflex layer 12, and a part of light reflex layer 12 is made to mixed-crystal-ize. Then, the semiconductor multilayers of the mixed-crystal-ized light reflex layer 12 come to make light penetrate, and 2nd entrance window part 12a is formed in the center of the light reflex layer 12 (refer to drawing 1).

16] next, the surface of the 2nd cap layer 13 after the etchant of a fluoric acid system removes the silicon nitride film of the 2nd cap layer 13 above-mentioned surface used as a mask -- MOVPE -- n mold or the 1st cap layer 4 of InP of n dope, and the InGaAs layer 15 for contact layers as well as the n mold InP layer 14, and n mold or the InGaAs light absorption layer 3 of a non dope are grown up in order by law. And after forming a silicon nitride film 21 in the rear face of the above-mentioned InGaAs layer 15 for contact layers by the plasma-CVD method and forming opening in this silicon nitride film 4, make this into a mask, and the substrate surface is made to diffuse Zn which is p mold purity, using ZnP_2 as a source of diffusion, and p mold diffusion layer 6 which reaches an interface with the above-mentioned n mold InGaAs light absorption layer 3 is formed (refer to drawing 2).

17] Then, the silicon nitride film 21 of the surface of the above-mentioned InGaAs layer 15 for contact layers is removed, after carrying out selective etching and forming the ring-like contact layer 15, a silicon nitride film is formed on the surface by the plasma-CVD method, the silicon nitride film of the outside of the p mold diffusion layer 6 surface is removed, and the surface-protection film 7 is formed, so that an InGaAs layer may remain only in the p mold diffusion layer 6 surface periphery section. And after vapor-depositing an Au/Zn layer extensively to a substrate surface, performing selective etching and forming ring-like ohmic electrode 8a so that an Au/Zn layer may remain only on the above-mentioned contact layer 15, the dielectric film 16 which consists of silicon oxide inside this ohmic electrode is formed, and p lateral electrode 8b which consists of Au in contact with the above-mentioned ohmic electrode 8a is further formed on this dielectric film 16. After forming the n lateral electrode 9 which consists of metals, such as an In-Ge alloy, and opening opening 9a for optical incidence in the rear face of the InP substrate 1 which has the lens section 11 at the rear face (drawing upper surface) corresponding to the lens section 11 of the center, the antireflection film 10 which consists of silicon nitride which controlled thickness so that a reflection factor became the inside with 1 is formed (drawing 3).

18] If it is in the PIN photodiode of the above-mentioned example, the reflecting mirror structure which consists of the layers of a semiconductor-dielectric-metal is formed in the surface of p mold diffusion layer 6, and the light which comes from p mold diffusion layer 6 side comes to be reflected here. In the above-mentioned structure, a reflection factor can be carried out to making [the thickness of a dielectric film 16] the refractive index of a dielectric film into the value which is $\lambda/4n$ when referred to as $\lambda/4(2m+1)$ for the wavelength of λ and light to detect (however, m is positive integer) at max. Incidentally, a dielectric film 16 consists of silicon oxide, and when a detection wavelength is 1.3 micrometers, if thickness of a dielectric film 16 is made into 2140Å, 97% of reflection factors will be obtained. In addition, although the above-mentioned example explained the case where InP was applied to the PIN photodiode used as a substrate, GaAs is applicable to the optical semiconductor device of the light-receiving diode used as a substrate, and others.

19] [Effect of the Invention] As explained above, this invention on the light absorption layer which consists of a semiconductor layer of the 1st conductivity type formed through the buffer layer on the semiconductor substrate While the cap layer which consists of a semiconductor layer of the 1st conductivity type with bigger forbidden-band width of E_g than this light absorption layer is formed While the diffusion field of the 2nd conductivity type is formed in this a part of cap layer and it is in contact with the electrode on the surface of this diffusion field Since the light reflex layer which consists of semiconductor multilayers was formed in the rear face of the above-mentioned semiconductor substrate so that light might cover the outside of a diffusion field between the above-mentioned light absorption layer and a buffer layer in the photo detector to which it comes to form the window part in which incidence is possible Since it can prevent that an electronic-electron hole pair occurs in the field in which light held down carrying out incidence to the light absorption layer of the outside of the depletion layer as a light sensing portion, and the light reflex layer is separated from the depletion layer, Falling of a photocurrent wave becomes steep and it is effective in the ability to obtain the PIN photodiode in which a high-speed response is possible.

20] moreover -- a substrate -- the surface -- a side -- **** -- a dielectric film -- a metal membrane -- from -- coming -- a reflecting mirror -- structure -- forming -- having made -- since -- incidence -- carrying out -- a depletion layer -- passing -- even if -- absorbing -- not having -- a ** -- a substrate -- the surface -- reaching -- light -- incidence -- amount -- 50 -- % -- about -- it is -- although -- It is reflected on the substrate surface and the light which was not absorbed passes a depletion layer again, by being reached and reflected by the light reflex layer and repeating this, the amount of the light absorbed compared with the conventional element increases sharply, and a part of light of sensitivity in element which still was not absorbed comes to improve.

21] Furthermore, since light formed lens structure in the entrance window section on the rear face of a substrate which carries out incidence at one, the rate of an electronic-electron hole pair generated in the light absorption layer of the outside of a depletion layer can be reduced, the delay of falling of a photocurrent wave can be prevented, without

arging area of the depletion layer as a light sensing portion, and the responsibility of an element can be raised further. Moreover, since the contact layer which consists of the semiconductor of the 2nd conductivity type with forbidden-band width of face small than the above-mentioned cap layer formed between the electrode of the above-mentioned photo detector, and the diffusion field surface, the small electrode of contact resistance can form compared with the conventional element which is contacting an ohmic electrode in a direct cap layer, the cut-off frequency of the element which decides by the CR time constant raises, and it is effective in raising the responsibility of an element further.

translation done.]

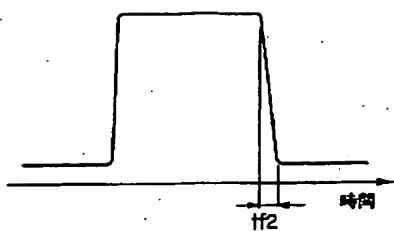


Figure 3]

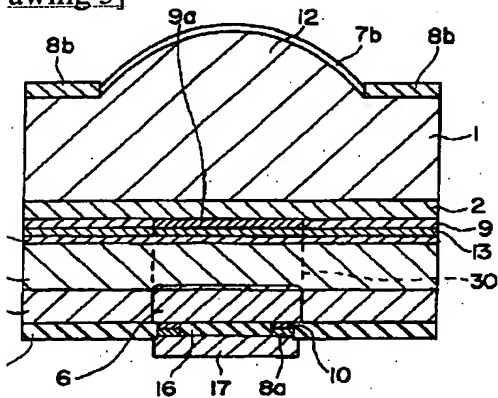
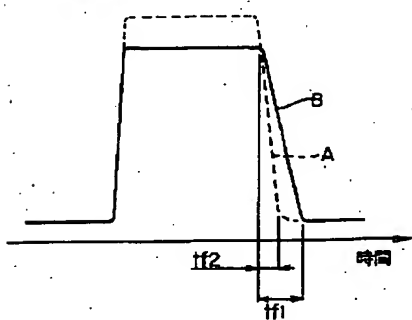


Figure 6]



translation done.]

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-102513

(43)Date of publication of application : 23.04.1993

(51)Int.Cl.

H01L 31/10

(21)Application number : 03-283767

(71)Applicant : NIKKO KYODO CO LTD

(22)Date of filing : 04.10.1991

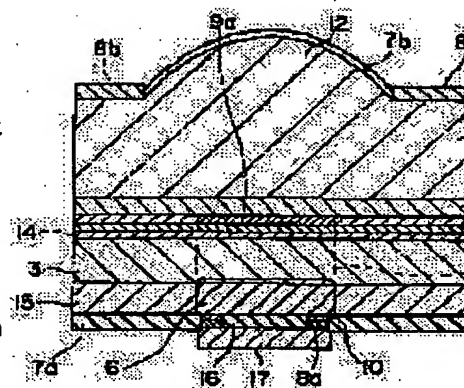
(72)Inventor : SUGA KAZUHIKO
IKEDA EIJI
MORI MASAYUKI
KANDA HIROYUKI

(54) SEMICONDUCTOR PHOTO DETECTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a PIN photo diode capable of quick response to incident light which is subjected to high speed modulation, by forming a light reflecting layer between a light absorption layer and a buffer layer, so as to cover the outside of a diffusion region.

CONSTITUTION: A light reflecting layer 12 composed of a semiconductor multifilm layer is formed between a light absorption layer 3 and a buffer layer 14, so as to cover the outside of a diffusion layer 6. A reflecting mirror structure composed of a dielectric film 16 and a metal film 8b is formed on the surface of a substrate. A lens structure is formed in a body in an incidence window part 9a on the substrate surface through which window a light enters. A contact layer 15 whose forbidden bandwidth is smaller than that of a cap layer is formed between an electrode 8a of a photo detection element and the surface of a diffusion layer 6. Thereby the light is restrained from entering the light absorption layer 3, and electron-hole pairs can be prevented from being generated in a region distant from a depletion layer 30, so that the fall of a photoelectric waveform becomes sharp and a PIN photodiode capable of quick response can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-102513

(43)公開日 平成5年(1993)4月23日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 1 L 31/10

識別記号

庁内整理番号

8422-4M

F I

H 0 1 L 31/ 10

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数4(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平3-283767

(22)出願日 平成3年(1991)10月4日

(71)出願人 000231109

株式会社日鉱共石

東京都港区虎ノ門二丁目10番1号

(72)発明者 菅 和彦

埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 日本

鉱業株式会社内

(72)発明者 池田 英治

埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 日本

鉱業株式会社内

(72)発明者 森 雅之

埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 日本

鉱業株式会社内

(74)代理人 弁理士 荒船 博司

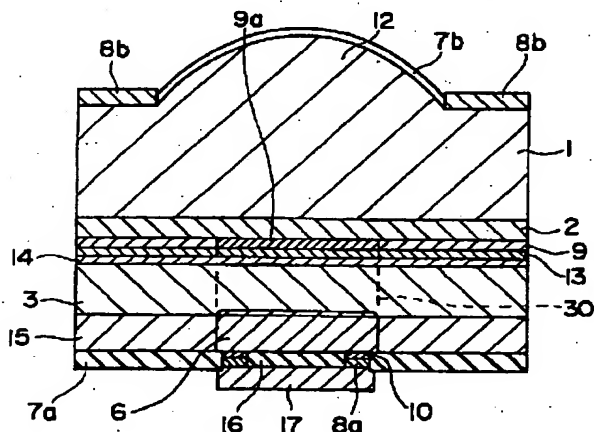
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体受光素子

(57)【要約】

【構成】 半導体基板上にバッファ層を介して形成された第1の導電型の半導体層からなる光吸収層の上に、該光吸収層よりも禁制帯幅の大きな第1の導電型の半導体層からなるキャップ層が形成されているとともに、該キャップ層の一部には第2の導電型の拡散領域が形成され、この拡散領域の表面には電極が接触されているとともに、上記半導体基板の裏面には光が入射可能な窓部が形成されてなる受光素子において、上記光吸収層とバッファ層との間には拡散領域の外側を覆うように半導体多層膜からなる光反射層を形成するようにした。

【効果】 光反射層が受光部としての空乏層の外側の光吸収層に光が入射するのを抑えて、空乏層から離れた領域で電子-正孔対が発生するのを防止できるため、光電流波形の立下りが急峻となり、高速応答が可能なPINフォトダイオードを得ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上にバッファ層を介して形成された第1の導電型の半導体層からなる光吸収層の上に、該光吸収層よりも禁制帯幅の大きな第1の導電型の半導体層からなるキャップ層が形成されているとともに、該キャップ層の一部には第2の導電型の拡散領域が形成され、この拡散領域の表面には電極が接触されて、上記半導体基板の裏面には光が入射可能な窓部が形成されてなる半導体受光素子において、上記光吸収層とバッファ層との間には拡散領域の外側を覆うように半導体多層膜からなる光反射層を形成してなることを特徴とする半導体受光素子。

【請求項2】 上記基板の表面側には、誘電体膜と金属膜とからなる反射鏡構造が形成されてなることを特徴とする請求項1記載の半導体受光素子。

【請求項3】 光が入射される基板裏面の入射窓部にはレンズ構造が一体に形成されてなることを特徴とする請求項1または請求項2記載の半導体受光素子。

【請求項4】 上記電極と上記拡散領域表面との間には上記キャップ層よりも禁制帯幅の小さな第2の導電型の半導体からなるコンタクト層が形成されていることを特徴とする請求項1、請求項2または請求項3記載の半導体受光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光半導体装置特にInP単結晶のような化合物半導体基板を用いた受光素子に関し、例えば光通信における信号受信用のPINフォトダイオードに利用して効果的な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 光CATVシステムのような大容量光通信システムでは、超高速かつ高感度な光検出器が不可欠であり、この要望に応えるため石英光ファイバの低損失波長帯である1.3 μ m～1.55 μ mの光を効率良く電気信号に変換する素子としてPINフォトダイオードとよばれる半導体受光素子が提案されている。光通信における信号受信用のPINフォトダイオードとしては、例えば図4に示すような裏面入射型ものがある。

【0003】 すなわち、InP基板1の表面（図では下面）にn型InPバッファ層2とn型InGaAs光吸収層3とn型InPキャップ層4を順に成長させる。そして、上記InPキャップ層4の一部には、Znのようなp型不純物を拡散させて、上記n型InGaAs光吸収層3との界面に達するようなp型拡散層6を形成する。さらに、キャップ層4の表面には窒化シリコン膜からなる保護膜7を、また上記p型拡散層6の表面にはオーミック電極8aを形成する。一方、InP基板1の裏面（図では上面）にはn側電極9を形成し、その中央には光入射用開口部9aを開けてその内側には反射率が最小となるように膜厚を制御した窒化シリコンからなる反

射防止膜10を形成するというものである。なお、基板の表面側には上記オーミック電極8aの表面に接合するようにAu等からなるp側電極8bが形成されている。

【0004】 上記構造の受光素子にあっては、上記電極8b、9間に逆方向電圧すなわち電極8bに負の電圧をまた電極9に正の電圧を印加される。このような逆バイアス状態ではp型拡散層6の境界の空乏層30は主としてInGaAs光吸収層3内に広がる。この状態で、受光部より入射した所定の波長の光はInP基板1およびバッファ層2では吸収されず光吸収層3に到達して吸収され、電子-正孔対が発生する。このうち空乏層30内で発生した電子-正孔対は、空乏層内の電界により加速されて電極8b、9に達し、光電流として外部回路で観測される。一方、空乏層30の外側の光吸収層3内で発生した電子-正孔対は、拡散により空乏層に達して光電流に寄与する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記構造のPINフォトダイオードにあっては、ダイオードの応答速度を制限する主な要因として、受光部に寄生する接合容量と寄生抵抗によるCR時定数と、光吸収で発生した電子-正孔対の走行時間の2つがある。このうちCR時定数による制限については、受光部（p型拡散層6）の面積を低減して接合容量を小さくするとともに、電極の接触抵抗を小さくしたり基板表面に形成された保護膜7とその上の電極8bとからなるMIS（金属-絶縁膜-半導体）構造の容量を低減することにより高速化を図ることができる。

【0006】 しかし、光吸収で発生した電子-正孔対の走行時間による高速化の制限については、電子-正孔対の走行距離を小さくすることで対応できるものの走行距離を小さくするには光吸収層3の厚さを小さくするかp型拡散層6の径を小さくしなければならない。ところが、光吸収層3の厚さを薄くすると、空乏層30の厚さが薄くなるため逆に接合容量は増大してしまうので、応答速度を速くするには光吸収層3の厚さをあまり薄くすることはできない。

【0007】 一方、p型拡散層6の径を小さくすると空乏層30の外側で発生する電子-正孔対の割合が大きくなってしまふ。そのため、空乏層30から離れた領域で発生した正孔は拡散で空乏層に達して光電流に寄与するが、拡散速度が遅いため光電流に寄与するまでの時間に遅れが生じる。その結果、図5に示すようなパルス状の光信号が入射したときに図6に実線Bで示すごとく光電流波形の立下りが遅れていわゆる裾引きが生じ、高速の応答ができないという問題点があることがわかった。本発明は上記のような問題点に着目してなされたもので、その目的とするところは、高速で高強度変調された入射光に対して高速度で応答可能なPINフォトダイオードを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明は、半導体基板上にバッファ層を介して形成された第1の導電型の半導体層からなる光吸収層の上に、該光吸収層よりも禁制帯幅の大きな第1の導電型の半導体層からなるキャップ層が形成されているとともに、該キャップ層の一部には第2の導電型の拡散領域が形成され、この拡散領域の表面には電極が接触されているとともに、上記半導体基板の裏面には光が入射可能な窓部が形成されてなる受光素子において、上記光吸収層とバッファ層との間には拡散領域の外側を覆うように半導体多層膜からなる光反射層を形成したものである。また、基板表面側には、誘電体膜と金属膜とからなる反射鏡構造を形成する。さらに、光が入射する基板裏面の入射窓部にはレンズ構造を一体に形成するようにする。また、上記受光素子の電極と拡散領域表面との間には上記キャップ層よりも禁制帯幅の小さな第2の導電型の半導体からなるコンタクト層を形成する。

【0009】

【作用】上記した手段によれば、光反射層が受光部としての空乏層の外側の光吸収層に光が入射するのを抑えて、空乏層から離れた領域で電子-正孔対が発生するのを防止できるため、光電流波形の立下りが急峻となり、高速応答が可能なPINフォトダイオードを得ることができる。また、基板表面側には、誘電体膜と金属膜とからなる反射鏡構造を形成するようにしたので、入射して空乏層を通過しても吸収されずに基板表面に達する光は入射量の50%近くあるが、吸収されなかった光は基板表面で反射されて再び空乏層を通過し、それでも吸収されなかった光の一部は光反射層に到達して反射されこれを繰り返すことにより従来の素子に比べて吸収される光の量が大幅に増加して、素子の感度も向上されるようになる。

【0010】さらに、光が入射する基板裏面の入射窓部にはレンズ構造を一体に形成するようにしたので、受光部としての空乏層の面積を大きくすることなく空乏層の外側の光吸収層で発生する電子-正孔対の割合を減らして光電流波形の立下りの遅れを防止し、さらに素子の応答性を向上させることができる。また、上記受光素子の電極と拡散領域表面との間には上記キャップ層よりも禁制帯幅の小さな第2の導電型の半導体からなるコンタクト層を形成するようにしたので、直接キャップ層にオーミック電極を接触させている従来の素子に比べて接触抵抗の小さな電極が形成でき、CR時定数で決まる素子の遮断周波数を高め、さらに素子の応答性を向上させることができる。

【0011】

【実施例】以下、図面を用いて本発明をInPを基板とするPINフォトダイオードに適用した場合の実施例を説明する。図3には本発明に係るPINフォトダイオード

ドの一実施例が示されている。同図において図4に示されている符号と同一符号は同一または相当部分を示す。この実施例では、InP基板1の裏面（図では上面）にレンズ部11が形成され、レンズ部11の表面に窒化シリコンからなる反射防止膜10が、またレンズ部11の外側の基板表面にはオーミック電極9が形成されている。そして、InP基板1の表面（図では下面）には、n型InPバッファ層2と、互いに屈折率の異なる半導体層を多数積層させた半導体多層膜（例えばInP（膜厚50Å）/InGaAsP（膜厚30Å）を20対積層させた構造）からなる光反射層12と、n型InP第2キャップ層13とが順に形成されている。

【0012】また、上記光反射層12の中央には、上記第2キャップ層13形成後にプラズマCVD法による窒化シリコン膜をマスクにして硫黄を選択拡散させることにより混晶化させた窓部12aが形成されている。さらに、上記第2キャップ層13の下面には、n型InP中間バッファ層14と、n型InGaAs光吸収層3と、n型InP第1キャップ層4とが順に形成されている。そして、上記第1キャップ層4の一部には、Znのようなp型不純物が拡散され上記n型InGaAs光吸収層3との界面に達するようなp型拡散層6が設けられている。また、第1キャップ層4の表面には窒化シリコンからなる表面保護膜7が形成され、この表面保護膜のp型拡散層6に対応する部分には開口部が形成されて開口部内側のp型拡散層6周縁には第1キャップ層4よりも禁制帯幅の小さなp型InGaAsからなるリング状のコンタクト層15を介してAu/Zn構造のオーミック電極8aが形成されている。これとともに、コンタクト層15および電極8aの内側の受光部6の表面側には、酸化シリコンからなる誘電体膜16と、周辺が上記オーミック電極8aに接触するAu等の金属電極8bとからなる反射鏡構造が形成されている。

【0013】この実施例のPINフォトダイオードにあつては、素子の上方から全体に亘って入射光が照射されても、レンズ部11によって光吸収層3の境界の空乏層30の部分に集中的に光が入射されるとともに、空乏層30の外側の領域ではバッファ層2の下に設けられた光反射層12が入射光を反射するため、空乏層30から離れた領域で電子-正孔対が発生するのを抑制できる。そのため、空乏層から離れた領域で生じた正孔が拡散で空乏層に達し、光電流に寄与する量を著しく減らすことができ、これによって図7に破線Aで示すごとく光電流波形の立下りが急峻となり、高速で高強度変調された入射光に対して高速応答が可能となる。しかも、この実施例では、p型拡散層6の下方に反射鏡構造が形成されているため、空乏層30で吸収されずに透過してしまった光（約50%）が反射されて再び空乏層30を通過して吸収され、それでも吸収されなかった光の一部は光反射層12に到達して反射されこれを繰り返すことにより次第

に吸収されて光電流に寄与するようになり、従来の素子に比べて吸収される光の量が大幅に増加して出力が増大し、素子の感度も向上する。

【0014】また、この実施例では、オーミック電極8aとp型拡散層6の表面との間に、第1キャップ層4よりも禁制帯幅の小さな半導体からなるコンタクト層16を形成するようにしたので、オーミック電極8aの接触抵抗が小さくなり、CR時定数で決まる素子の遮断周波数が高くなって、素子の応答性が向上する。さらに、上記実施例では、光反射層9を互いに屈折率の異なる半導体層を多数積層させた半導体多層膜(InP(膜厚50Å)/InGaAsP(膜厚30Å)を20対積層させた構造)で構成しているため、プロセスの整合性が良く、光反射層12を有するダイオードを安価に製造することができる。なお、上記実施例では、バッファ層2の下に光反射層12を形成しているが、基板1の表面(図では下面)に直接光反射層12を形成するようにしても良い。

【0015】次に、上記PINフォトダイオードの製造プロセスの一例について説明する。先ず、基板1上にM 20 OVPE法(有機金属気相エピタキシャル成長法)によって、n型もしくはノンドープのInPバッファ層2と、InP(膜厚50Å)/InGaAsP(膜厚30Å)を20対積層させた半導体多層膜からなる光反射層12と、n型InP第2キャップ層13とを順に成長させる。それから上記キャップ層13の表面にプラズマCVD法により窒化シリコン膜20を形成し、この窒化シリコン膜20に開口部20aを形成してからこれをマスクとし、上記キャップ層13および光反射層12の中央(レンズ部11に対応する部分)にS(硫黄)を選択的に 30 拡散させて、光反射層12の一部を混晶化させる。すると、混晶化された光反射層12の半導体多層膜は光を透過させるようになり、光反射層12の中央に第2の入射窓部12aが形成される(図1参照)。

【0016】次に、マスクとなった上記第2キャップ層13表面の窒化シリコン膜20をフッ酸系のエッチャントにより除去した後、第2キャップ層13の表面にMOVPE法によりn型InP層14と、n型もしくはノンドープのInGaAs光吸収層3と、同じくn型もしくはノンドープのInP第1キャップ層4と、コンタクト層用InGaAs層15を順に成長させる。それから上記コンタクト層用InGaAs層15の表面にプラズマCVD法により窒化シリコン膜21を形成し、この窒化シリコン膜4に開口部21aを形成してからこれをマスクとし、かつ拡散源としてZn₂P₂を用いて基板表面にp型不純物であるZnを拡散させ、上記n型InGaAs光吸収層3との界面に達するようなp型拡散層6を形成する(図2参照)。

【0017】その後、上記コンタクト層用InGaAs層15の表面の窒化シリコン膜21を除去し、p型拡散 50

層6表面周縁部にのみInGaAs層が残るように選択エッチングしてリング状のコンタクト層15を形成してから、表面にプラズマCVD法により窒化シリコン膜を形成し、p型拡散層6表面の外側の窒化シリコン膜を除去して、表面保護膜7を形成する。それから、Au/Zn層を基板表面側に全面的に蒸着した後、上記コンタクト層15上にのみAu/Zn層が残るように選択エッチングを行なってリング状のオーミック電極8aを形成してから、このオーミック電極8aの内側に酸化シリコンからなる誘電体膜16を形成し、さらにこの誘電体膜16の上に、上記オーミック電極8aに接触するAuからなるp側電極8bを形成する。裏面(図では上面)にレンズ部11を有するInP基板1の裏面にAuGe合金等の金属からなるn側電極9を形成し、その中央のレンズ部11に対応して光入射用開口部9aを開けてから、その内側に反射率が最小となるように膜厚を制御した窒化シリコンからなる反射防止膜10を形成する(図3)。

【0018】上記実施例のPINフォトダイオードにあつては、p型拡散層6の表面に半導体-誘電体-金属の3層からなる反射鏡構造が形成され、p型拡散層6側から来た光はここで反射されるようになる。上記構造において、誘電体膜16の厚さを、誘電体膜の屈折率をn、検知したい光の波長をλとしたときに $\lambda/4n$ の(2m+1)倍とする(ただしmは正の整数)と、反射率を最大にすることができる。ちなみに、誘電体膜16が酸化シリコンからなり、検知波長帯が1.3μmの場合には、誘電体膜16の厚みを2140Åにすると反射率97%が得られる。なお、上記実施例では、InPを基板とするPINフォトダイオードに適用した場合について説明したが、GaAsを基板とする受光ダイオードその他の光半導体装置に適用することができる。

【0019】

【発明の効果】以上説明したようにこの発明は、半導体基板上にバッファ層を介して形成された第1の導電型の半導体層からなる光吸収層の上に、該光吸収層よりも禁制帯幅の大きな第1の導電型の半導体層からなるキャップ層が形成されているとともに、該キャップ層の一部には第2の導電型の拡散領域が形成され、この拡散領域の表面には電極が接触されているとともに、上記半導体基板の裏面には光が入射可能な窓部が形成されてなる受光素子において、上記光吸収層とバッファ層との間には拡散領域の外側を覆うように半導体多層膜からなる光反射層を形成するようにしたので、光反射層が受光部としての空乏層の外側の光吸収層に光が入射するのを抑えて、空乏層から離れた領域で電子-正孔対が発生するのを防止できるため、光電流波形の立下りが急峻となり、高速応答が可能なPINフォトダイオードを得ることができるという効果がある。

【0020】また、基板表面側には、誘電体膜と金属膜

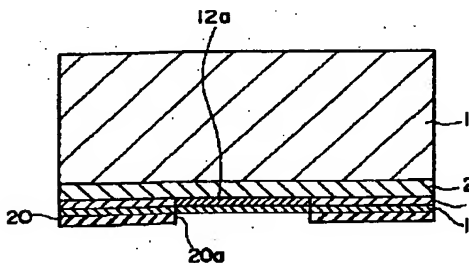
とからなる反射鏡構造を形成するようにしたので、入射して空乏層を通過しても吸収されずに基板表面に達する光は入射量の50%近くあるが、吸収されなかった光は基板表面で反射されて再び空乏層を通過し、それでも吸収されなかった光の一部は光反射層に到達して反射されこれを繰り返すことにより従来の素子に比べて吸収される光の量が大幅に増加して、素子の感度も向上されるようになる。

【0021】さらに、光が入射する基板裏面の入射窓部にはレンズ構造を一体に形成するようにしたので、受光部としての空乏層の面積を大きくすることなく空乏層の外側の光吸収層で発生する電子-正孔対の割合を減らして光電流波形の立下りの遅れを防止し、さらに素子の応答性を向上させることができる。また、上記受光素子の電極と拡散領域表面との間には上記キャップ層よりも禁制帯幅の小さな第2の導電型の半導体からなるコンタクト層を形成するようにしたので、直接キャップ層にオーミック電極を接触させている従来の素子に比べて接触抵抗の小さな電極が形成でき、CR時定数で決まる素子の遮断周波数を高め、さらに素子の応答性を向上させることができるという効果がある。

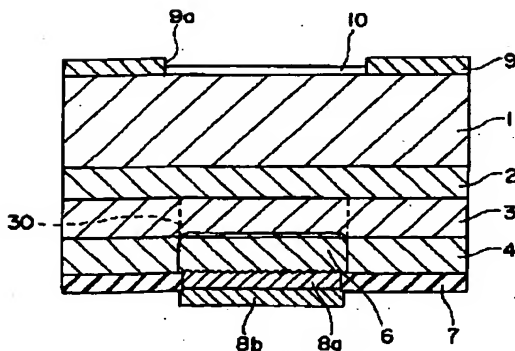
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明をInPを基板とするPINフォトダイ

【図1】



【図4】



オードに適用した場合の一実施例製造プロセスの工程を示す断面図である。

【図2】本発明をInPを基板とするPINフォトダイオードに適用した場合の一実施例の製造プロセスの工程を示す断面図である。

【図3】本発明をInPを基板とするPINフォトダイオードに適用した場合の一実施例の構造を示す断面図である。

【図4】従来のPINフォトダイオードの一例を示す断面図である。

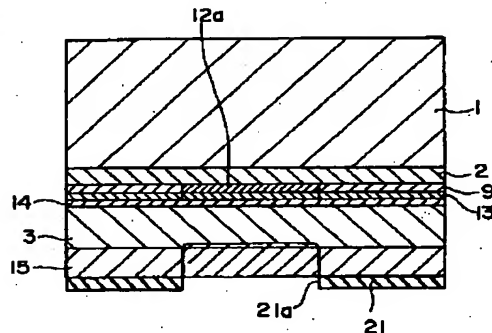
【図5】PINフォトダイオードへの入射光の変化を示す波形図である。

【図6】従来および本発明のPINフォトダイオードにおける光電流の変化を示す波形図である。

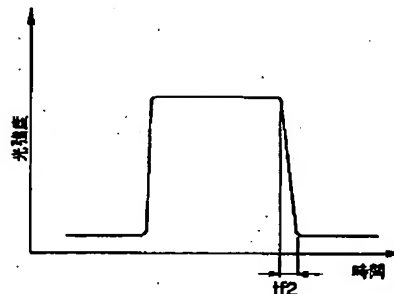
【符号の説明】

- 1 基板
- 3 光吸収層
- 4 キャップ層
- 6 p型拡散層
- 7 表面保護膜
- 12 光反射膜
- 16 コンタクト層

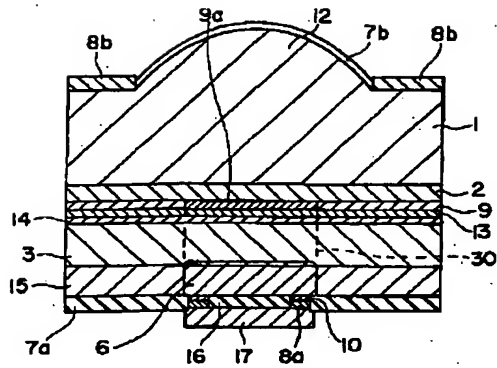
【図2】



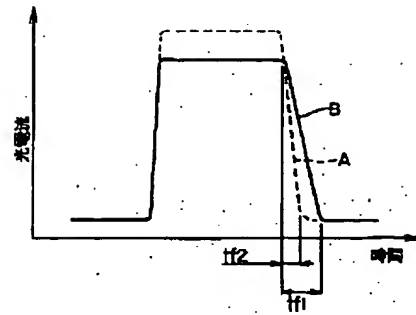
【図5】



【図3】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 神田 裕之
 埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 日本
 鉱業株式会社内